Ueber den

Einfluss von kohlensäurehaltigen Bädern

auf die

Blutverteilung im menschlichen Körper.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe

unter dem Präsidium

von

Dr E. Romberg

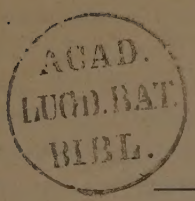
o. ö. Professor der Medizin und Vorstand der medizinischen Klinik.

Der medizinischen Fakultät zu Tübingen

vorgelegt von

Walther Weiland

Arzt aus Dortmund.



Tübingen 1905.

Verlag von Franz Pietzcker.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Tübingen.

August 1905.

Referent: Professor Dr Romberg.

Druck von Otto Bechtle in Esslingen a. N.

Seitdem durch rein empirische Betrachtung der günstige Einfluss kohlensäurehaltiger Bäder auf die Zirkulation bei Herzkranken festgestellt worden ist, war man bestrebt, der Ursache dieser Einwirkung auf experimentellem Wege näher zu treten.

Entsprechend der Entwicklung der exakten Untersuchungsmethoden, welche zum Studium des Kreislaufs beim Menschen geeignet sind, waren es zuerst systematische Messungen des systolischen Blutdrucks, welche ein Verständnis für die Wirkung kohlensäurehaltiger Bäder auf die Zirkulation anzubahnen versuchten. Die sehr viel ältere Sphygmographie konnte bei der gänzlichen Unsicherheit in der Deutung der durch sie erhaltenen Resultate hier nicht zum Ziele führen. Es entstand dementsprechend nach Einführung der Sphygmomanometrie durch v. Basch, Riva-Rocci und Gärtner eine grosse Literatur über das Verhalten des Blutdrucks unter dem Einfluss kohlensäurehaltiger Bäder.

Die älteren Beobachter, so namentlich Th. Schott[1] in seiner Arbeit vom Jahre 1880, weiter Ewald,[2] Gräupner,[3] Broadbent,[4] Graigner,[5] Lesslie Thorne,[6] Leith[7] und Baltussewicz[8] beschreiben ein Gleichbleiben oder Absinken des Blutdrucks im Nauheimer Bad. Sie sehen deshalb die Wirkungsweise der Nauheimer Bäder in einer Schonung des Herzens. Gegenüber dieser Auffassung brach sich durch die Arbeiten von Lehmann[9] und namentlich durch die späteren Arbeiten von Th. Schott,[10] A. und Th. Schott,[11] Soundsby,[12] Bezly Thorne,[13] Heinemann,[14] Kingskote,[15] Campell,[16] Stifler,[17] Hensen[18] und Battistini-Rovere[19] die Anschauung Bahn, dass die kohlensäurehaltigen

Bäder bei funktionstüchtigem Herzen blutdrucksteigernd wirken, und dass mithin ihr Nutzen in einer Uebung des Herzens zu suchen sei. Diese Ansicht ist noch heute die massgebende.

Es lag nun die Frage nahe: Ist der Anlass zu der bei genügender Herzkraft ausnahmslos eintretenden Blutdrucksteigerung allein der Reiz der Kohlensäurebläschen resp. des Salzgehaltes, oder spielt hier die Temperatur des Bades eine massgebende Rolle? Durch die Untersuchungen von O. Müller[20] ist nun gezeigt worden, dass bezüglich der Blutdruckveränderungen weder der Kohlensäure- noch der Salzgehalt des Bades von wesentlicher Bedeutung ist, dass dieselben vielmehr in weitgehendster Weise von der Temperatur des Bades bestimmt werden. Was die Veränderungen der Pulsfrequenz anbelangt, so erwies sich allerdings der Kohlensäure- resp. Salzgehalt als ebenso wichtig wie die Temperatur.

Diese Befunde O. Müllers sind in der jüngst erschienenen Arbeit Strasburgers[21] im wesentlichen bestätigt worden. Strasburger schreibt: „Vergleiche ich meine Kurven des systolischen Blutdrucks mit denen bei einfachen Bädern, so kann ich in der Tat auch keinen durchgreifenden Unterschied auffinden". Strasburger hat sich nun aber nicht mit der Messung des systolischen Blutdrucks begnügt, sondern er hat mittels der neuerdings von ihm ausgebildeten Methodik[22] auch den diastolischen Blutdruck im Verlauf von einfachen Wasserbädern und kohlensäurehaltigen Solbädern bestimmt. Er glaubt bekanntlich aus der Differenz zwischen systolischem und diastolischem Blutdruck und deren Verhältnis zum systolischen Druck detailliertere Schlüsse auf die Verhältnisse im arteriellen System machen zu können. Speziell glaubt er den Anteil, welchen eine Veränderung des Gefässlumens an der Bestimmung des systolischen Blutdrucks hat, mittels seiner Methodik von demjenigen trennen zu können, welchen eine Veränderung der primären Herzanstrengung bedingt.

Strasburger kommt nun zu dem Schluss, dass bei einfachen kühlen Bädern die charakteristische Form der Blutdruckkurve, wie sie von O. Müller beschrieben worden ist, der

Hauptsache nach nur von Veränderungen des Gefässtonus abhängig ist. Eine Beeinflussung der primären Herzanstrengung war in der Regel nicht zu finden. Bei den kohlensäurehaltigen Solbädern zeigte sich dagegen am Schluss der Bäder fast durchweg eine Vergrösserung der primären Herzanstrengung in Gestalt einer Vergrösserung des Schlagvolumens. Bezüglich der peripheren Gefässe kommt Strasburger zu dem Schluss, dass von dem Eintritt der im Kohlensäurebad zu beobachtenden Hautrötung ab eine Herabsetzung des Tonus erfolgt. Seine Versuche führen ihn also zu der Annahme, dass gegen Ende eines Kohlensäurebades grössere Schlagvolumina in eine peripher relativ erweiterte Strombahn geworfen werden, während gegen Ende eines gleichtemperierten einfachen Wasserbades das Herz einer peripher intensiv contrahierten Strombahn normale Schlagvolumina zuführt.

War die Frage nach den Veränderungen in der Blutverteilung innerhalb des Körpers unter dem Einfluss von kohlensäurehaltigen Bädern schon früher von grosser Wichtigkeit, so musste sie nach den Untersuchungen von Strasburger noch mehr in den Vordergrund des Interesses rücken, umsomehr, als anderweitige experimentelle Untersuchungen darüber vollständig fehlten. Die einzige Methode, welche nach dem Stand unserer Kenntnisse unbestreitbare Resultate über das Verhalten peripherer Stromgebiete zu liefern vermag, ist die Plethysmographie.

Ich habe daher bei zwei gesunden jugendlichen Versuchspersonen plethysmographische Untersuchungen während des Ablaufs von kohlensäurehaltigen und einfachen Wasserbädern gleicher Temperatur angestellt. Die Methodik der Plethysmographie war die von O. Müller[23] angegebene und wurde unter seiner speziellen Leitung durchgeführt. Der Patient war in einer auf einem starken Tisch aufgestellten, mit bequemem Zu- und Abfluss versehenen Badewanne durch geeignete Unterstützung so gelagert, dass er ohne Schwierigkeit 20 Minuten lang bewegungslos zu liegen vermochte. Sein rechter Arm war in den Armplethysmographen eingeschlossen. Dieser letztere hing am innern Rand der Badewanne an einem Drahtgestell in der Weise

herab, dass der völlig zwanglos im Plethysmographengefäss ruhende Arm sich in Herzhöhe der Versuchsperson unter Wasser befand. Vom tiefsten Punkt des Plethysmographengefässes ging ein weiter, starrwandiger Gummischlauch zu einem die Wand der Wanne durchbohrenden Metallrohr. Ausserhalb der Badewanne führte ein gleichartiger Gummischlauch zu dem die Volumschwankungen mittels der Schwimmervorrichtung registrierenden Standrohr. Auf diese Weise war es möglich, die Rohrleitung vom Plethysmographen zur Registriervorrichtung genau so kurz zu gestalten wie bei der gewöhnlichen Plethysmographie ausserhalb einer Badewanne. Die Volumschwankungen des innerhalb der Wanne im Plethysmographen ruhenden Arms wurden auf diese Weise an dem unmittelbar neben der Wanne in gleicher Höhe aufgestellten Kymographion in exakter Weise aufgeschrieben, und man konnte den Ablauf derselben während eines beliebigen Vollbades verfolgen.

Wir wissen nun durch O. Müller, dass die durch einen Kalt- oder Warmreiz hervorgerufenen Gefässkaliberschwankungen, wie sie plethysmographisch am Arm oder Bein nachweisbar sind, sich bei genügender Intensität des Reizes über die gesamte Körperoberfläche erstrecken. Demgemäss dürfen wir aus dem Eintritt bestimmter Gefässkaliberschwankungen am Arm Schlüsse auch auf das Verhalten der übrigen peripheren Gefässgebiete ziehen. Wir sind also in der Lage, bei dieser Versuchsanordnung einen massgebenden Einblick in das Verhalten der peripheren Strombahn unter dem Einfluss von kohlensäurehaltigen Bädern zu tun.

Im einzelnen gestalteten sich die Versuche in folgender Weise: Die erste Versuchsperson war ein gesunder, kräftig gebauter Arzt im Alter von 25 Jahren, dessen der Palpation zugängliche Arterien keine Spur von Rigidität aufwiesen. Bei ihm wurden an aufeinanderfolgenden Tagen stets um die gleiche Zeit (nachmittags 5 Uhr) bei annähernd gleicher Lufttemperatur und gleichartigen Ernährungsverhältnissen zwei Reihen von je 4 Bädern appliziert, die mit Temperaturen von 34°, 30°, 26° und 22° C begannen und sich im weiteren Verlauf durchschnitt-

lich um 0,5° C abkühlten. Die Dauer der Bäder betrug 15 bis 20 Minuten. Die eine Reihe von Bädern wurde mit einfachem Süsswasser gegeben; bei der zweiten Reihe war durch Zusatz von 1,5 kg natrium bicarbonicum und der entsprechenden Menge roher Salzsäure eine reichliche Kohlensäure-Entwicklung herbeigeführt worden, unmittelbar bevor die Versuchsperson in das Bad hineinstieg. Die Versuchsperson stieg mit dem fertig am Arm angelegten Plethysmographengefäss in die Badewanne und lagerte sich in bequemer Weise. Sobald sie im Bade zur Ruhe gekommen war, wurde der Plethysmograph an dem vorher beschriebenen Drahtgestell an der inneren Seite der Badewanne aufgehängt. Durch Oeffnen der Hähne wurde das nunmehr unter Wasser befindliche Plethysmographengefäss mit Wasser von der Temperatur und Zusammensetzung des Bades gefüllt. Sodann wurden sämtliche Hähne geschlossen bis auf einen, welcher durch einen Gummischlauch in der oben beschriebenen Weise mit der ausserhalb der Badewanne stehenden Schreibvorrichtung in offene Verbindung gebracht war. Die Zeit, welche mit der Füllung und Adjustierung des Plethysmographengefässes verbraucht wurde, war eine äusserst kurze. Bei einiger Uebung konnte $1^1/_2$ Minuten nach dem Einsteigen der Versuchsperson ins Bad die fortlaufende Schreibung der plethysmographischen Kurve beginnen. Die zur Einübung der Methodik nötigen Vorversuche sind bei der Wiedergabe der Resultate nicht mit berücksichtigt.

In der umstehenden Tabelle No. I sind nun die zahlenmässigen Resultate der beiden Bäderreihen in der Weise wiedergegeben, dass je nach 5, 10, 15 und 20 Minuten die jeweilige Senkung des mittleren Kurvenstandes 1) nach absolutem Massstab in Kubikzentimetern, 2) nach relativem Massstab in Prozenten des Armvolumens notiert sind. Bei den Bädern von 34°, 30° und 26° C sind die Resultate bei kohlensäurehaltigen und einfachen Wasserbädern nicht nennenswert verschieden. Es zeigt sich lediglich eine etwas stärkere Senkung der Kurve bei den einfachen Wasserbädern. Bei den kühlen Bädern von 22° C hingegen verursacht das Kohlensäurebad eine deutlich

Tabelle I.

Wasserbäder

Temperatur	nach 5 Minuten		nach 10 Minuten		nach 15 Minuten		nach 20 Minuten	
	%	ccm	%	ccm	%	ccm	%	ccm
Anfangstemp. 34,0° C Endtemp. 33,5° C	0,01	— 0,25	0	± 0	0	± 0		
Anfangstemp. 30,0° C Endtemp. 29,5° C	0,05	— 1,25	0,07	— 1,75	0,06	— 1,5		
Anfangstemp. 26,0° C Endtemp. 25,5° C	0,03	— 0,75	0,06	— 1,5	0,13	— 3,25		
Anfangstemp. 22,0° C Endtemp. 21,5° C	0,05	— 1,25	0,23	— 5,75	0,27	— 6,75		

Tabelle II.

Wasserbäder

Temperatur	nach 5 Minuten		nach 10 Minuten		nach 15 Minuten		nach 20 Minuten	
	%	ccm	%	ccm	%	ccm	%	ccm
Anfangstemp. 34,0° C Endtemp. 33,5° C	0,01	— 0,25	0	± 0	0,01	— 0,25	0,02	— 0,5
Anfangstemp. 30,0° C Endtemp. 29,5° C	0,03	— 0,75	0,01	— 0,25	0,05	1,25		
Anfangstemp. 26,0° C Endtemp. 25,5° C	0,06	— 1,5	0,07	— 1,75	0,08	— 2,0		
Anfangstemp. 22,0° C Endtemp. 21,5° C	0,06	— 1,5	0,11	— 2,75	0,13	— 3,25		

Versuchsperson I.

Kohlensäurebäder

Temperatur	nach 5 Minuten		nach 10 Minuten		nach 15 Minuten		nach 20 Minuten	
	%	ccm	%	ccm	%	ccm	%	ccm
34° C	0	± 0	0,01	— 0,25	0,01	— 0,25	0	± 0
30° C	0,01	— 0,25	0,02	— 0,5	0,04	— 1,0		
26° C	0,13	— 3,25	0,1	— 2,5	0,1	— 2,5		
22° C	0,19	— 4,75	0,28	— 7,0	0,34	— 8,5		

Versuchsperson II.

Kohlensäurebäder

Temperatur	nach 5 Minuten		nach 10 Minuten		nach 15 Minuten		nach 20 Minuten	
	%	ccm	%	ccm	%	ccm	%	ccm
34° C	0	± 0	0,01	— 0,25	0	± 0	0	± 0
30° C	0,02	— 0,5	0,01	— 0,25	0,04	— 1,0		
26° C	0,01	— 0,25	0,04	— 1,0	0,07	— 1,75		
22° C	0,06	— 1,5	0,15	— 3,75	0,17	— 4,25		

stärkere Senkung der Kurve als das Wasserbad. Die Tendenz zu stärkerer Gefässkontraktion bei kühlen kohlensäurehaltigen Bädern als bei gleichtemperierten Wasserbädern zeigte sich auch bei einer Anzahl von Kontrollversuchen bei derselben Versuchsperson.

An der Kurvenform ist bei den kühlen Kohlensäurebädern ein stärkeres Hervortreten der einzelnen Pulsschläge sowie auch eine Vertiefung der respiratorischen Schwankungen bemerkbar, was sich bei Wasserbädern von entsprechender Temperatur nicht beobachten lässt.

In auffallendem Gegensatz zu der durch die kühlen Kohlensäurebäder hervorgerufenen stärkeren Kontraktion der peripheren Gefässe steht die stets zu beobachtende deutliche Rötung der Haut. Diese Hautrötung tritt ein, sobald die Kohlensäure einige Minuten eingewirkt hat. Sie ist bei den kühlen Bädern ausgesprochener als bei den wärmeren.

Die zweite Versuchsperson war ein aussergewöhnlich kräftiger Laboratoriumsdiener, dessen der Palpation zugängliche Arterien ebenfalls keine deutliche Rigidität aufwiesen. Bei ihm wurden zwei ganz gleiche Reihen von wasser- und kohlensäurehaltigen Bädern gegeben wie bei der ersten Versuchsperson. Es wurde aber hier die Kohlensäure erst entwickelt, nachdem der Plethysmograph 1—2 Minuten seine Kurve geschrieben hatte. Das geschah in der Weise, dass bereits vor dem Einsteigen der Versuchsperson in das Bad das natrium bicarbonicum in demselben aufgelöst wurde, und dass man nun erst zu der genannten Zeit die rohe Salzsäure in das Bad hineindiffundieren liess. Durch diese Versuchsanordnung kann man ein Urteil nicht nur über den weiteren Verlauf, sondern auch über den Beginn der Kohlensäure-Einwirkung gewinnen. Die auf diese Weise erhaltenen Kurven unterscheiden sich in nichts von den bei der ersten Versuchsperson gewonnenen (vgl. Tabelle II). Auch hier zeigt sich bei den Bädern von 34°, 30°, 26° C kein nennenswerter Unterschied zwischen kohlensäurehaltigen und einfachen Wasserbädern. Auch bei dieser Versuchsperson fielen die Senkungen bei einfachen Wasserbädern der genannten Tem-

peraturen etwas stärker aus, als die bei den kohlensäurehaltigen Bädern. Bei den Bädern von 22° C verursachte das kohlensäurehaltige Bad auch hier eine deutlich stärkere Gefässkontraktion. Kontrollversuche bei der gleichen Versuchsperson führten zu dem gleichen Resultat. Die pulsatorischen und respiratorischen Schwankungen fielen bei der zweiten Versuchsperson im kohlensäurehaltigen Bad ebenfalls wieder stärker aus als im einfachen Wasserbad. Der auffallende Gegensatz zwischen deutlicher Hautrötung und stärkerer Senkung des Plethysmogramms im kohlensäurehaltigen Bad von 22° C war in gleicher Weise zu beobachten wie bei der ersten Versuchsperson.

Ueberblicken wir nun die gewonnenen Resultate, so lässt sich sagen: Sehr grosse Unterschiede in der Gefässkontraktion bei einfachen und kohlensäurehaltigen Wasserbädern treten überhaupt nicht zu Tage. Die stärksten Differenzen betragen 1,75 ccm = 0,07 % des Armvolumens am Ende von Bädern von 22° C. Bei kohlensäurehaltigen Bädern vom Indifferenzpunkt bis zu 24° C ist die Gefässkontraktion entsprechend den Vermutungen von Strasburger nicht so stark wie bei einfachen Wasserbädern der gleichen Temperatur. Allerdings sind die Unterschiede ausserordentlich gering. Die stärkste Differenz zwischen einfachen und kohlensäurehaltigen Bädern von 26° C betrug 0,75 ccm = 0,03 % des Armvolumens. Die Strombahn ist bei jenen also relativ weiter als bei diesen. Dazu scheint der Eintritt einer deutlichen Hautrötung bei den kohlensäurehaltigen Bädern zu passen. Bei kohlensäurehaltigen Bädern von 22° C ist die gesamte Gefässkontraktion aber deutlich stärker als bei gleichtemperierten Wasserbädern und dazu steht der Eintritt der sehr merklichen Hautrötung in auffallendem Gegensatz. In jedem Falle muss hier die Vasodilatation, welche die Hautrötung bedingt, eine ganz oberflächliche, vielleicht auf die Capillaren beschränkte sein, während die tieferen Gefässe sich intensiv kontrahieren, so dass die oberflächliche Vasodilation im Plethysmogramm überkompensiert wird. Der Vorgang ist an sich nicht neu. Bei langer Einwirkung von einfachen Kaltreizen tritt ebenfalls eine Hautrötung ein, die in der Hydrotherapie soge-

nannte „Reaktion“. Trotzdem bleibt der Blutdruck hoch und das Plethysmogramm tief, d. h. die periphere Strombahn ist in toto verengt. Matthes[25] beschreibt diese Verhältnisse bereits in seinem Lehrbuch.

Herrn Professor Dr E. Romberg bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit und Herrn Privatdozent Dr O. Müller für seine Unterstützung bei der Ausführung der Untersuchungen zu grossem Dank verpflichtet.

Literatur.

1) **A. Schott.** Berl. Klin. Wochenschrift 1880.

2) **Ewald.** Berl. Klin. Wochenschrift 1887.

3) **Gräupner.** Nauheimer Mineralbäder und einfache Wasserbäder. Berl. Klin. Wochenschrift 1896.

4) **Broadbent.** Mode of action and indications of the Nauheim treatment. The Practitioner 1895.

5) **Graigner.** Diagnosis and treatment of cardial failure. Lancet 1896.

6) **Leslie Thorne.** Cases of beart diseases treated by Schott's Methode. Lancet 1896.

7) **Leith.** The Physiology of the action of thermal saline bath. Lancet 1896.

8) **Baltussewicz.** Zeitschrift für diätet. und phys. Therapie. Bd. 3.

9) **Lehmann.** Blutdruck nach Bädern. Zeitschrift für klin. Medizin. Bd. 6.

10) **Th. Schott.** Beiträge zur tonisierenden Wirkung kohlensäurehaltiger Thermalsolbäder auf das Herz. Berl. Klin. Wochenschrift 1883.

11) **A. u. Th. Schott.** Ueber die Nauheimer Sprudel und Sprudelstrombäder.

12) **Soundsby.** British med. Journal 1895.

13) **Bezly Thorne.** British med. Journal 1895.

14) **Heinemann.** Die physiol. Behandlung der chron. Herzerkrankungen. Deutsche med. Wochenschrift 1896.

15) **Kingskote.** Lancet 1896.

16) **Campell.** Lancet 1896.

17) **Stifler.** Therapeutische Monatshefte 1896.

18) **Hensen.** Die Wirkung kohlensäurehaltiger Bäder auf die Zirkulation. Deutsche med. Wochenschrift 1899.

19) **Battistini-Rovere.** Klinische Beobachtungen über die Anwendung von Salz- und Kohlensäurebädern u. s. w. Zeitschrift für diätet. und phys. Therapie. Bd. IV.

20) **O. Müller.** Ueber den Einfluss von Bädern und Douchen auf den Blutdruck beim Menschen. Deutsch. Archiv für klin. Medizin. LXXIX. Bd.

21) **Strasburger.** Deutsch. Archiv für klin. Medizin. Bd. LXXXII.

22) **Strasburger.** Zeitschrift für klin. Medizin. Bd. 54.

Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abteilung. Supplement 1904.

24) **O. Müller.** Deutsches Archiv für klin. Medizin 1905.

25) **Matthes.** Lehrbuch der Hydrotherapie. Jena 1904.

Lebenslauf.

Verfasser, Gerhard Leopold Walther Weiland, wurde am 23. September 1881 zu Mülheim a. Rh. geboren. Ich besuchte nacheinander die Gymnasien zu Düsseldorf, Wesel, Duisburg und Dorsten, um dann nach Wesel zurückzukehren, wo ich Ostern 1900 das Zeugnis der Reife erhielt. Darauf studierte ich drei Semester Medizin in Marburg und eins in Würzburg, wo ich Ostern 1902 die ärztliche Vorprüfung bestand. Von dort ging ich wieder nach Marburg, dessen Universität ich Ostern 1903 mit der in Tübingen vertauschte. Hier verbrachte ich die letzten Semester meines Studiums und beendete ebendort am 10. Februar 1905 mein medizinisches Staatsexamen. Seitdem bin ich als Medizinalpraktikant an der medizinischen Klinik zu Tübingen tätig. Während meines Studiums hörte ich die Vorlesungen und Kliniken von A. Meyer, Zumstein, Melde, Zincke, Gasser, Feussner, Disse, Schenck, Korschelt, Kutscher, Stöhr, Spemann, v. Frey, Sobotta, Ribbert, Kühne, Romberg, Küster, Mannkopff, H. Meyer, Hess, Ahlfeld, P. v. Bruns, v. Baumgarten, Schleich, Döderlein, v. Krehl, v. Oesterlen, v. Jürgensen, Honsell, Küttner, Lüthje, Dietrich. Diesen meinen verehrten Lehrern spreche ich auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank aus.